

Title	Effect of air lubrication method on frictional resistance reduction in real ship experiment
Author(s)	Hoang, Cong Liem
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59163
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について ご参照 ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【32】

氏 名	ホシ コン リーム Hoang Cong Liem
博士の専攻分野の名称	博 士（工学）
学 位 記 番 号	第 2 4 9 4 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 23 年 9 月 20 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科地球総合工学専攻
学 位 論 文 名	Effect of air lubrication method on frictional resistance reduction in real ship experiment (実船に対する摩擦抵抗低減に対する空気潤滑法の効果に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 戸 田 保 幸 (副査) 教 授 柏 木 正 准教授 松 村 清 重 准教授 鈴 木 博 善

Air lubrication method is a method in that air bubble is injected into the turbulent boundary layer developing downstream along the solid surface in water flow. By injecting air bubble into the turbulent boundary layer, promising results of frictional resistance reduction has been obtained. With as much as 80% of frictional resistance reduction observed from the experiment results, air lubrication method shows that it has a potential to reduce the frictional resistance which is nearly 70% of total ship resistance in the case of low speed full form ship. In this thesis, the effect of air lubrication method on frictional resistance reduction by conducting experiment with air lubrication using the real ship: cement carrier Pacific seagull was investigated.

The dissertation is divided into five chapters:

Chapter 1 introduces a brief review of research history of air lubrication method. Experiment results and the endeavor of researchers in finding the air bubble drag reduction mechanism are presented.

Chapter 2 describes about the preliminary experiment with very long slender model (50m in length and 1m in Width). This experiment was conducted in order to develop the equipment for real ship experiment which would be carried out. The model was towed by the carriage in 400m towing tank at National Maritime Research Institute (NMRI). Test speed was set at 7m/s. The experimental results obtained from the shear stress sensor designed in this research for full scale experiment were compared with the results obtained from the shear stress sensors for model scale experiment of NMRI. Comparison results show a good agreement between two results. It means that the new type shear stress sensor designed in this research is able to be used in the real ship experiment.

The real ship experiment is shown in chapter 3. This real ship experiment was carried out by the cooperative research project with NMRI, Hokkaido University, Osaka University, Azuma shipping company and sponsored by New Energy and Industrial Technology Development Organization. In this project, the measurements of thrust, torque and shear stress were carried out by author. The results showed that torque and thrust were decreased due to the effect of bubbles. If the value of thrust deduction is assumed constant with and without bubbles, the effect of bubbles in reducing frictional resistance or ship resistance is clearly proved by the experimental results. The maximum total resistance reduction in case of ballast condition and full load condition were about 11% and 6%, respectively. The mean propeller inflow velocity was increased for with air lubrication from no air condition due to the viscous resistance reduction. This phenomenon is considered using very simple boundary layer method.

Chapter 4 gives an illustration of frictional resistance reduction by effect of air lubrication which was confirmed by the results of the real ship experiment. In this chapter, boundary layer method of integral type is utilized with the assumption that local skin friction is reduced by the injected bubbles. Local skin friction distribution, axial velocity distribution and momentum thickness are computed for with and without bubbles cases. Calculated results show that reduction rate of local skin friction has the distribution although the same constant reduction rate is applied to the local skin friction law. It means the boundary layer development is different for with and without air bubbles. The result also shows the difference of velocity distribution at propeller plane which was observed in real ship experiment indirectly by thrust measurement. Change of pressure inside boundary layer is also considered in computation.

The final chapter is the main conclusions drawn from the investigation of air

lubrication method. The necessary of conducting further investigations in order to find air bubble drag reduction mechanism is also mentioned.

論文審査の結果の要旨

近年、燃料価格の高騰と温室効果ガス削減要求により船舶の燃費改善に関する研究が盛んにおこなわれている。本論文は船体抵抗の大きな部分を占める摩擦抵抗の低減手法のうち空気潤滑法に関連した実船実験およびその結果の考察を述べたものである。空気潤滑法は実験室では大きな効果が示されてきたが、実船を用いた実験では効果を実証するには至っていなかった。そのような中で、セメント運搬船を用いた実船実験が、国内共同研究として行われ、世界で初めて実船を用いて大きな抵抗低減効果が得られることが示された。本論文はその共同研究の中で重要な位置を占める表面摩擦応力の直接計測手法の開発、プロペラ軸の歪計測による推力、トルクの計測手法の改良を示している。また実船実験での推力、トルク、表面摩擦応力の計測結果を示し、摩擦応力の減少を直接示すとともに、推力の計測結果から船体に働く流体抵抗が減少していることも示している。論文内容は以下の5つの章に示されている。

第1章では、空気潤滑法に関するこれまでの研究について概観し、これまでの実験的研究による抵抗低減効果と摩擦抵抗低減のメカニズムに関する既存の研究結果を整理している。

第2章では、実船実験用摩擦応力計測装置の予備実験について述べている。長さ 50m の長尺平板模型船を用い、模型実験用センサーと比較することにより実船実験用センサーが実船実験において使用可能かどうか調査している。気泡の影響により微小な横傾斜を起こすまではよく一致することを示し、十分に実船実験で使用可能と結論付けている。

第3章では、実船実験について述べ、ドックでの工事の概要を示すとともに、推力、トルク、表面摩擦応力の計測結果を示している。それによると同じプロペラ回転数、プロペラ翼角の時、空気を吹き出すことにより、抵抗は 11% 低減し、馬力も同程度減少することが示されている。またその時船速はほとんど増加していないことも示されている。これらの結果を解析することにより、摩擦抵抗低減のためにプロペラに流入する平均流速が増加し、作動点が速度の大きい場所に移動するため、推力も同程度低下することによりほとんど船速に変化がないことを示している。またこのときの表面摩擦応力は吹き出し部から 50m 下流であっても船体中心線付近で 40%、中心線から大きく離れた船底の部分でも 20%の低減が示され、十分下流まで効果が持続していることを示している。これらの結果と境界層理論による考察で船底部は約 30%の抵抗低減効果が得られ、造波抵抗等を考慮すれば全抵抗の 11%の減少を説明できるとしている。

第4章では、実船実験の摩擦抵抗低減効果を説明するため、実際の船型を用いて境界層計算を行い、気泡の影響による摩擦抵抗低減効果とそれによるプロペラ流入速度の変化を説明している。またこの計算により粘性圧力抵抗の低減も摩擦抵抗の低減により得られることも示している。

第5章では、これまで示された内容をまとめ結論を述べている。

以上のように、本論文は、実船が実海域を航行するときに、空気潤滑法により燃料消費量削減が得られることを示した共同研究の中で、実際に摩擦抵抗、全抵抗、燃料消費量が減少していることを説明しうる推力、トルク、表面摩擦応力の低減を実際に示したところに新規性と重要性がある。またこの研究の後、実際に空気潤滑システムを搭載した船舶が複数新造されるなど大きな波及効果を及ぼしている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。